



Attorney Docket: 038724.52430US  
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: WOLFGANG DANZER Confirm. No. :6965  
Serial No.: 10/601,318  
Filed: JUNE 23, 2003  
Title: PROCESS GAS AND LASER MACHINING METHOD

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

Mail Stop MISSING PARTS  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application Nos. 10064327.2 and 10064325.6, both filed in Germany on December 22, 2000, is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith are certified copies of the original foreign applications.

Respectfully submitted,

November 7, 2003

*Laurence E. Evenson, Esq.*  
for Donald D. Evenson, Esq. No. 51,532  
Registration No. 26,160

CROWELL & MORING, LLP  
P.O. Box 14300  
Washington, DC 20044-4300  
Telephone No.: (202) 624-2500  
Facsimile No.: (202) 628-8844

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

---



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 100 64 327.2

**Anmeldetag:** 22. Dezember 2000

**Anmelder/Inhaber:** LINDE AKTIENGESELLSCHAFT,  
Wiesbaden/DE

**Erstanmelder:** Linde Gas AG,  
Höllriegelskreuth/DE

**Bezeichnung:** Schneidgasgemisch und Verfahren zum  
Laserstrahlschmelzschnitten

**IPC:** B 23 K 26/14

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. August 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Hintermeier', written over a horizontal line.

Hintermeier

## Zusammenfassung

### Schneidgasgemisch und Verfahren zum Laserstrahlschmelzschneiden

- 5 Die Erfindung betrifft ein Schneidgasgemisch und ein Verfahren zum Laserstrahlschmelzschneiden. Als Schneidgas wird erfindungsgemäß ein Gasgemisch eingesetzt, welches außer einem Inertgas zumindest Sauerstoff und Wasserstoff enthält. Bevorzugt enthält das Schneidgasgemisch als Inertgas Stickstoff und/oder Argon. Die Erfindung führt zu einer Erhöhung der Schneidgeschwindigkeit bei hoher Schnittqualität.
- 10

## Beschreibung

### Schneidgasgemisch und Verfahren zum Laserstrahlschmelzschnneiden

Die Erfindung betrifft ein Gasgemisch zum Laserstrahlschmelzschnneiden. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Laserstrahlschmelzschnneiden von Werkstoffen, wobei ein fokussierter Laserstrahl auf die zu bearbeitende Werkstückoberfläche geführt wird und ein Schneidgasstrom über mindestens eine Düse gegen die Werkstückoberfläche geleitet wird.

Die Eigenschaften der Laserstrahlung, insbesondere die Intensität und gute Fokussierbarkeit, haben dazu geführt, dass Laser heute in vielen Gebieten der Materialbearbeitung zum Einsatz kommen. Die Laserbearbeitungsanlagen sind an sich bekannt. In der Regel weisen sie einen Laserbearbeitungskopf, gegebenenfalls mit einer zum Laserstrahl koaxial angeordneten Düse auf. Oftmals werden Laserbearbeitungsanlagen in Verbindung mit CNC-Steuerungen von Führungsmaschinen für x-y-Schneidrichtung eingesetzt. Beim Laserstrahlschnneiden finden immer häufiger auch Handhabungssysteme von dreidimensionalen Werkstücken Verwendung. Eine automatische Schneidparameterzuordnung (Laserleistung angepasst an die jeweilige Schnittgeschwindigkeit während des Schneidprozesses) bezogen auf die zu schneidende Konturform ist in der Regel Voraussetzung für eine gute Schnittqualität auch an scharfen Ecken und spitzen Winkeln.

Das Laserstrahlschnneiden ist das weltweit am häufigsten eingesetzte Laserbearbeitungsverfahren. Beispielsweise werden in Deutschland über 80 % der Laserbearbeitungsanlagen zum Schneiden verwendet. Beim Laserstrahlschnneiden wird zwischen den Varianten Laserstrahlbrennschnneiden, Laserstrahlschmelzschnneiden und Laserstrahlsublimierschnneiden unterschieden.

Beim Laserstrahlschmelzschnneiden wird der Werkstoff durch die Laserstrahlung im Trennfleck aufgeschmolzen. Die Schmelze wird mit einem Schneidgas aus der Schnittfuge ausgetrieben. Das Laserstrahlschmelzschnneiden mit Schneidgas unter Hochdruck hat sich beim Schneiden von Edelstählen durchgesetzt, wird aber teilweise auch bei anderen Werkstoffen wie Baustählen oder Aluminium verwendet. Als

Schneidgas für das Laserstrahlschmelzschnneiden wird üblicherweise ein Inertgas wie insbesondere Stickstoff verwendet.

Die Geschwindigkeit der Schweiß- und Schneidprozesse mit dem Laserstrahl ist begrenzt durch die Energiebilanz "eingebrachte Energie – verlorene Energie (Strahlung, Wärmeleitung)". Die Energie des Laserstrahls ist zwar sehr gebündelt, jedoch bei Materialien, die nicht mit Hilfe der exothermen Reaktion mit Sauerstoff geschnitten werden können, der limitierende Parameter.

Beispielsweise beim Schneiden eines 3 mm Stahlblechs mit einem 900 W-Laser und reinem Sauerstoff als Arbeitsgas gehen neben den 900 Watt Energie, die vom Laser kommen, noch 600 Watt, die aus der Verbrennung des Eisens in der Schnittfuge kommen, in den Schneidprozess ein. Man erreicht damit eine Schneidgeschwindigkeit von ungefähr 3 m/min.

Aber beispielsweise beim Schneiden eines 3 mm Chrom-Nickelstahlblechs mit einem 900 Watt-Laser, das wegen der resultierenden Schlacke nicht mit Sauerstoff geschnitten wird, sondern mit einem Inertgas, wie Stickstoff oder Argon, geschnitten werden muss, fehlt diese zusätzliche Energie aus der Reaktion  $\text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{FeO}$ . Die maximale Schneidgeschwindigkeit geht dementsprechend auf etwa 1,5 m/min zurück.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Schneidgasgemisch und ein Verfahren der eingangs genannten Art aufzuzeigen, welche ein verbessertes Laserstrahlschmelzschnneiden erlauben. Dabei wird eine hohe Schneidgeschwindigkeit angestrebt. Insbesondere soll ein qualitativ hochwertiges, prozesssicheres und reproduzierbares Laserstrahlschmelzschnneiden ermöglicht werden. Die Erfindung richtet sich dabei in erster Linie an Fälle, bei denen üblicherweise ein Inertgas als Schneidgas eingesetzt wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Schneidgasgemisch gelöst, das außer mindestens einem Inertgas zumindest Sauerstoff und Wasserstoff enthält.

Die Erfindung beruht auf der Einkoppelung von Energie aus der Reaktion  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  in den Ort, wo der Laserstrahl arbeitet.

Die Reaktion  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2$  bringt verschiedene Vorteile mit sich, die gut mit dem Laserstrahl kombinieren:

1. Sie ist sauber.
2. Sie ist mehr oder weniger reduzierend je nach Mischverhältnis  $\text{H}_2 / \text{O}_2$ , d.h. die
- 5 Metallteile kommen blank aus dem Schneidprozess.
3. Sie ist sehr schnell.
4. Sie ist energiereich.
5. Sie läuft vor allem dort ab, wo hohe Temperaturen auftreten, d.h. am Schneidort.

- 10 Vorteilhafterweise enthält das Schneidgasgemisch Stickstoff und/oder Argon als Inertgas. Stickstoff wird jedoch bevorzugt als Inertgas verwendet.

Insbesondere kann das Schneidgasgemisch mehr als 10 Vol.-% Stickstoff und/oder Argon, vorzugsweise zwischen 20 und 98 Vol.-% Stickstoff und/oder Argon, besonders

15 bevorzugt zwischen 30 und 95 Vol.-% Stickstoff und/oder Argon, aufweisen. Möglich ist auch, dass in den genannten Inertgasmengen weitere Gase außer Stickstoff und Argon enthalten sind.

- 20 In Ausgestaltung der Erfindung ist der Sauerstoffanteil im Schneidgasgemisch im Verhältnis zum Wasserstoffanteil im Hinblick auf die Reaktion  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  unterstöchiometrisch gewählt. Dies hat zur Folge, dass das Schneidgasgemisch reduzierend wirkt und die Metallteile blank aus dem Schneidprozess kommen.

- 25 Erfindungsgemäß kann das Schneidgasgemisch einen Anteil an Sauerstoff zwischen 0,1 und 30 Vol.-%, vorzugsweise zwischen 0,5 und 25 Vol.-%, besonders bevorzugt zwischen 1 und 20 Vol.-%, aufweisen.

- 30 Mit Vorteil beträgt der Wasserstoffanteil im Schneidgasgemisch zwischen 1 und 70 Vol.-%, vorzugsweise zwischen 5 und 60 Vol.-%, besonders bevorzugt zwischen 10 und 50 Vol.-%.

In Weiterbildung der Erfindung ist das Schneidgasgemisch aus einem zumindest Wasserstoff oder Wasserstoff und Inertgas (insbesondere Stickstoff und/oder Argon) enthaltenden Gasgemisch und Luft gemischt.

In Ausgestaltung der Erfindung kann das Schneidgasgemisch

- aus einem ternären Gemisch aus Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff,
  - aus einem ternären Gemisch aus Argon, Sauerstoff und Wasserstoff oder
  - aus einem quaternären Gemisch aus Stickstoff, Argon, Sauerstoff und Wasserstoff
- bestehen.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren zum Laserstrahlschmelzschnitten von Werkstoffen wird ein oben genanntes Schneidgasgemisch eingesetzt.

- 10 In Ausgestaltung der Erfindung kann insbesondere ein reduzierend wirkendes Schneidgasgemisch eingesetzt werden. Durch die Wahl des unterstöchiometrischen Verhältnisses von Sauerstoff zu Wasserstoff im Schneidgasgemisch im Hinblick auf die Reaktion  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  kann der Grad der reduzierenden Wirkung des Schneidgasgemisches bestimmt werden. Das bedeutet, dass je nach Wahl des unterstöchiometrischen Verhältnisses von Sauerstoff zu Wasserstoff im Schneidgasgemisch ein mehr oder weniger reduzierendes Schneidgasgemisch verwendet werden kann. Damit ist eine wertvolle Möglichkeit der Anpassung an die im Einzelfall vorliegenden Bedingungen einschließlich des zu schneidenden Werkstoffs gegeben.

- 20 Das Schneidgasgemisch kann vorgemischt der Laserschneidanlage zugeführt werden.

In einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung werden zumindest einzelne Komponenten des Schneidgasgemisches in der Laserschneidanlage vor der Schneiddüse gemischt und/oder in der Schneiddüse verwirbelt. In diesem Fall enthält die Schneidanlage bzw. die Schneiddüse entsprechend geeignete Mittel, insbesondere Einbauten als Strömungsleitmittel.

- 30 Das erfindungsgemäße Schneidgasgemische und das Verfahren eignen sich zur Verwendung für bzw. Anwendung bei Werkstoffen, die sich nicht mit dem Laserstrahlbrennschneidverfahren schneiden lassen. Dabei ist insbesondere auf die üblicherweise erwartete Qualität und Durchführung abgestellt.

- 35 Die Erfindung erlaubt ein qualitativ hochwertiges und reproduzierbares Schneiden mit erhöhter Schneidgeschwindigkeit. Das Laserstrahlschmelzschnitten nach der Erfindung hat sich als prozesssicher gezeigt.

Die Erfindung führt ferner zu einer Verbesserung des Lochstechens beim Laserstrahl-schmelzschneiden.

- 5 Die Erfindung macht in der Regel keine Modifikationen bestehender Lasergeräte und Armaturen erforderlich.

Die Erfindung kann im Zusammenhang mit allen Arten von Lasern zur Anwendung kommen. Vor allem eignet sie sich für den Einsatz bei der Laserbearbeitung mit Nd-

- 10 YAG-Laser, Dioden-Laser und CO<sub>2</sub>-Laser.

Das folgende Energiebilanzbeispiel zeigt, wieviel zusätzliche Energie für den Laserschneidprozess mit Hilfe der Erfindung bereitgestellt werden kann.

- 15 Es wird mit folgenden Gasmengen gearbeitet:

- 6 m<sup>3</sup>/h Gemisch 50% H<sub>2</sub> / N<sub>2</sub> und 5 m<sup>3</sup>/h Druckluft.

Resultierendes Gemisch am Schneidort:

- 11m<sup>3</sup>/h mit ungefähr 10% O<sub>2</sub>, 30% H<sub>2</sub> und 60% N<sub>2</sub>.

- 20 Bei der Verbrennung der 10% O<sub>2</sub> in diesem Gemisch werden pro Stunde 255.000 kJ frei, was eine zusätzliche Leistung von 70 kW bedeutet. Wenn nur 1/100 dieser Leistung in der Schnittfuge wirksam wird, bedeutet das, dass die Gesamtleistung des Laserschneidprozesses dadurch fast verdoppelt wird.



### Patentansprüche

1. Schneidgasgemisch zum Laserstrahlschmelzschneiden, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schneidgasgemisch außer mindestens einem Inertgas zumindest Sauerstoff und Wasserstoff enthält.
- 5 2. Schneidgasgemisch nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Schneidgasgemisch Stickstoff und/oder Argon enthält.
- 10 3. Schneidgasgemisch nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Schneidgasgemisch mehr als 10 Vol.-% Stickstoff und/oder Argon, vorzugsweise zwischen 20 und 98 Vol.-% Stickstoff und/oder Argon, besonders bevorzugt zwischen 30 und 95 Vol.-% Stickstoff und/oder Argon, enthält.
- 15 4. Schneidgasgemisch nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Sauerstoffanteil im Schneidgasgemisch im Verhältnis zum Wasserstoffanteil im Hinblick auf die Reaktion  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  unterstöchiometrisch gewählt ist.
- 20 5. Schneidgasgemisch nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und insbesondere nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Sauerstoffanteil zwischen 0,1 und 30 Vol.-%, vorzugsweise zwischen 0,5 und 25 Vol.-%, besonders bevorzugt zwischen 1 und 20 Vol.-%, beträgt.
- 25 6. Schneidgasgemisch nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Wasserstoffanteil im Schneidgasgemisch zwischen 1 und 70 Vol.-%, vorzugsweise zwischen 5 und 60 Vol.-%, besonders bevorzugt zwischen 10 und 50 Vol.-%, beträgt.
- 30 7. Schneidgasgemisch nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Schneidgasgemisch aus einem zumindest Wasserstoff oder Wasserstoff und Inertgas, insbesondere Stickstoff, enthaltenden Gasgemisch und Luft gemischt ist.

8. Schneidgasgemisch nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Schneidgasgemisch
- aus einem ternären Gemisch aus Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff,
  - aus einem ternären Gemisch aus Argon, Sauerstoff und Wasserstoff oder
  - aus einem quaternären Gemisch aus Stickstoff, Argon, Sauerstoff und Wasserstoff
- besteht.
9. Verfahren zum Laserstrahlschmelzschneiden von Werkstoffen, wobei ein fokussierter Laserstrahl auf die zu bearbeitende Werkstückoberfläche geführt wird und ein Schneidgasstrom über mindestens eine Düse gegen die Werkstückoberfläche geleitet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Schneidgasgemisch nach einem der Ansprüche 1 bis 8 eingesetzt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Wahl des unterstöchiometrischen Verhältnisses von Sauerstoff zu Wasserstoff im Schneidgasgemisch im Hinblick auf die Reaktion  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  der Grad der reduzierenden Wirkung des Schneidgasgemisches bestimmt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Schneidgasgemisch vorgemischt der Laserschneidanlage zugeführt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einzelne Komponenten des Schneidgasgemisches in der Laserschneidanlage vor der Schneiddüse gemischt und/oder in der Schneiddüse verwirbelt werden.
13. Verwendung eines Schneidgasgemisches nach einem der Ansprüche 1 bis 8 für und Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 9 bis 11 bei Werkstoffen, die sich nicht mit dem Laserstrahlbrennschneidverfahren schneiden lassen.